

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3905524 A 1

51 Int. Cl. 5:  
G01 F 1/68

21 Aktenzeichen: P 39 05 524.8  
22 Anmeldetag: 23. 2. 89  
43 Offenlegungstag: 30. 8. 90

DE 3905524 A 1

71 Anmelder:  
Weber, Günther, Dipl.-Ing., 2201 Kollmar, DE

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	37 13 981 A1
DE	36 06 852 A1
DE	36 03 757 A1
DE	30 06 584 A1
EP	01 31 318 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elementanordnung für kalorimetrische Strömungssensoren

DE 3905524 A 1

Kalorimetrische Strömungssensoren werden bereits für viele Strömungsüberwachungsaufgaben in den meisten Industrien in Masse eingesetzt. Beispiele hierfür sind Kühlwasserüberwachungen in den immer umfangreicher und wichtiger werdenden Kühlkreisläufen in allen Industrien oder aber auch Mischungsregelungen oder Dosierungen unterschiedlichster Medien. Der Grund liegt darin, daß nach kalorimetrischem Prinzip arbeitende Geräte wesentliche Vorteile gegenüber anderen Strömungssensoren besitzen, insbesondere wenn kleine Baugröße, einfache Installation und geringer Preis verbunden mit Wartungsfreiheit und hoher Verfügbarkeit gefordert werden, Eigenschaften, die gerade im Rahmen der Automatisierung erheblich an Bedeutung gewonnen haben.

Allen kalorimetrisch arbeitenden Strömungssensoren ist gemeinsam, daß sich wenigstens ein temperaturabhängiges Bauelement in einem Wärmestrom befindet, der von einer Heizquelle in das zu messende Medium führt. Die Größe dieses Wärmestromes wird durch die Wärmeleistung der Heizquelle, dem Wärmeentzug durch die Strömung des Mediums und durch die zwischen Heizquelle und Medium liegenden Wärmewiderstände bestimmt.

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von kalorimetrischen Strömungssensoren unterscheiden:

1. Strömungssensoren für gasförmige Medien und
2. Strömungssensoren für flüssige Medien.

Bei Sensoren der ersten Art bestehen die eigentlichen Sensorelemente oft aus handelsüblichen Bauelementen, die direkt in das zu messende Medium hineinragen. Dieses ist insofern problemlos möglich, da es hier — durch das Medium bedingt — keine elektrischen Isolationsprobleme gibt.

Dieses ist natürlich grundsätzlich anders bei Sensoren der zweiten Art. Diesen Sensoren ist gemeinsam, — im wesentlichen aus vorgenannten Gründen — daß sich zwischen den Bauelementen und dem zu messenden Medium eine Trennwand befindet. Damit wird der grundsätzliche Aufbau dieser Sensoren entsprechend **Abb. 1** ausgeführt. (1) ist die Trennwand zwischen den Sensorelementen und dem Medium, wobei diese Trennwand sowohl die Gehäusewand eines Eintauchsensors, wie auch die Wand eines rohrförmigen Sensors sein kann. (3) ist die Verkapselung des temperaturabhängigen Bauelementes, z.B. eines Halbleiterelementes oder z.B. auch das Trägersubstrat eines Platin-Sensors und (2) ist die Klebefläche, mit der das Bauelement auf der Trennwand befestigt ist.

Beispiele für die vorgenannte Technik finden sich in den nachfolgenden Offenlegungsschriften: DE 35 42 788 A1, DE 36 37 497 A1, DE 37 13 301 A1, DE 37 13 981 A1, sowie der Europäischen Patentanmeldung O 1 83 615 A2.

Das Ersatzschaltbild für den Wärmestrom aller nach einem kalorimetrischen Prinzip arbeitenden Strömungssensoren ist in **Abb. 2** dargestellt. Hierbei ist  $Q$  die Wärmequelle mit dem inneren Widerstand  $R_i$ , den konstanten Wärmewiderständen  $R_1$  für die Sensorwand,  $R_2$  für die Klebestelle und  $R_3$  für die Trennwand, sowie den variablen Wärmeübergangswiderstand

zum Medium  $R_a$ . Es handelt sich hierbei um eine Mindestanzahl von einzelnen Wärmewiderständen, die in dem Wärmestrompfad von der Heizquelle zum Medium in Reihe liegen. In vielen praktischen Ausführungsbeispielen sind noch weitere zusätzliche Wärmewiderstände enthalten.

Bei kalorimetrischen Strömungssensoren ist die Meßgröße der in **Abb. 2** dargestellte Wärmeübergangswiderstand  $R_a$ , der sich proportional zu der gesuchten Strömungsgeschwindigkeit ändert. Dieser Wärmewiderstand  $R_a$  und damit die Strömungsgeschwindigkeit, läßt sich durch Messung des Wärmestromes bestimmen, da alle anderen Wärmewiderstände konstant und bekannt sind.

Da sich der Wärmestrom jedoch nicht direkt messen läßt, geschieht dieses bei allen kalorimetrischen Strömungssensoren über den Umweg der Temperaturmessung längs des Wärmestrompfades. Die Art und Anordnung der Temperaturmeßelemente ist hier außer Acht gelassen, da diese für die Betrachtung der hier beschriebenen Zusammenhänge ohne Bedeutung sind.

In **Abb. 3** ist eine typische Temperaturverteilung als Übertemperatur gegenüber dem Medium, wie auch als Temperaturabfall längs der einzelnen Wärmewiderstände dargestellt. Die Darstellung bezieht sich auf eine Strömungsgeschwindigkeit null.

Aus der Darstellung ist zu ersehen, daß die bei den heute bislang bekannten kalorimetrischen Strömungssensoren prinzipbedingt die Serienwärmewiderstände um ein mehrfaches größer sind, als der zu messende, die gesuchte Strömungsgeschwindigkeit repräsentierende Wärmeübergangswiderstand vom Sensor zum Medium. Dieses erklärt auch die bekannte Tatsache, daß alle heute bekannten kalorimetrischen Strömungssensoren sich nur im Bereich geringer Strömungsgeschwindigkeiten einsetzen lassen. Wie bereits erwähnt, bezieht sich der dargestellte Temperaturverlauf auf eine Strömungsgeschwindigkeit null. Proportional zur Strömungsgeschwindigkeit sinkt der Wärmeübergangswiderstand  $R_a$  sehr schnell, wodurch die dargestellten Verhältnisse noch wesentlich ungünstiger werden. Um den Arbeitsbereich der erwähnten Sensoren nach höheren Strömungsgeschwindigkeiten hin auszudehnen gibt es nur zwei Möglichkeiten, entweder die Heizleistung zu erhöhen, oder die in Serie zu dem zu messenden Wärmeübergangswiderstand  $R_a$  liegenden Wärmewiderstände zu verringern, was Aufgabe dieser Erfindung ist.

Zusätzlich zu der ungünstigen Größe der erwähnten Serienwärmewiderstände im Verhältnis zu dem Wärmeübergangswiderstand  $R_a$  kommt noch eine große individuelle Streuung dieser Widerstände, insbesondere des Widerstandes  $R_2$  der Klebeverbindung. Dieses führt zwangsläufig zu einer großen individuellen Streuung im Signalverhalten, insbesondere im oberen Strömungsbereich. Aus diesem Grunde arbeiten die bislang bekannten kalorimetrischen Strömungssensoren im Bereich größerer Strömungsgeschwindigkeiten sehr unzuverlässig. Es handelt sich dabei um Strömungsgeschwindigkeiten, die für nach anderen Arbeitsprinzipien arbeitenden Strömungssensoren problemlos sind.

Zusätzlich zu der vorbeschriebenen Begrenzung des Arbeitsbereiches kommt noch eine hohe Störanfälligkeit, die durch die erwähnte Klebeverbindung zur Trennwand gegeben ist. Wie dargelegt, stellt die Klebeverbindung einen der wesentlichen, jedoch bislang unvermeidlichen Wärmewiderstände dar. Eine Änderung einer der im Wärmestrompfad liegenden Wärmewiderstände verursacht eine erheblich Änderung des Aus-

gangssignales, meist in dem Maße, daß der Sensor für die vorgesehene Aufgabe ausfällt.

Da die Sensoren im praktischen Einsatz neben unterschiedlichem Druck, vor allen Dingen auch oft erheblichen Temperaturänderungen ausgesetzt sind, unterliegt insbesondere die erwähnte Klebestelle erheblichem Streß, der leicht zu der erwähnten, nicht tolerierbaren Wärmewiderstandsänderungen führt.

Um die vorgeschilderten Begrenzungen kalorimetrischer Strömungssensoren zu überwinden, ist es erforderlich die unvermeidlichen Wärmewiderstände so klein wie möglich und darüber hinaus vor allen Dingen so stabil wie möglich zu gestalten.

Diese Forderung wird durch die nachstehend beschriebene Erfindung in geradezu idealer Weise erfüllt. Erfindungsgemäß wird auf die metallische Trennwand eine sich mit dem metallischen Untergrund fest verankernde nichtmetallische Schicht definierter Dicke aufgebracht, auf die dann ihrerseits in Schichttechnik die Sensorelemente aufgebracht werden.

Diese Schicht kann sowohl aus Kunststoff, als auch Keramik bestehen. Für den Auftrag einer Keramikschicht eignen sich besonders die modernen Techniken der Plasmatechnik, Dickschicht- oder Dünnschichttechnik. Jede der erwähnten Techniken erlaubt einen sich auf dem metallischen Untergrund fest verankernden Auftrag der Keramikschicht in einer Form und mit den technischen Werten, wie sie für die Einsatzbedingungen eines Strömungssensors und die Weiterverarbeitung in der erwähnten Schichttechnik erforderlich sind.

Keramikschichten, die in einer der angegebenen Techniken aufgebracht worden sind, sind mechanisch sehr stabil und halten auch starken Temperaturwechselbeanspruchungen stand. Um jedoch darüber hinaus auch noch als Trägerschicht für die erwähnten Schichtschaltungen dienen zu können, muß eine derartige Keramikschicht noch weitere, üblicherweise schwer zu erfüllende Bedingungen erfüllen. Hierzu gehören u. a. hohe Temperaturbelastbarkeit, wie sie für die Fertigungsprozesse der Schichttechnik erforderlich sind, geringe und definierte Oberflächenrauigkeit, wie sie für die Auftragstechniken der Schichttechnik benötigt werden und darüber hinaus generelle Kompatibilität der Keramikschicht mit der nachfolgenden Schichttechnik.

Jede der erwähnten Forderungen erfordert besondere Auswahl der zum Auftrag verwandten Keramikmassen, als auch entsprechende Ausarbeitung der Auftrag- und Verarbeitungsprozesse.

Für in Kunststoffschichttechnik erstellte Sensorelemente, ist als Trägerschicht eine mit dem metallischen Untergrund fest verankerte Kunststoffschicht besonders geeignet, die durch Platieren, Walzen, Sprühen oder einem anderen, geeigneten Verfahren aufgebracht werden kann.

zeichnet, daß die elektrisch nicht leitende Schicht eine Keramikschicht ist.

3. Anordnung nach Anspruch (2) dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikschicht als ungebrannte grüne Keramikfolie auf den metallischen Träger aufgebracht und durch einen Brennvorgang mit dem Untergrund fest verbunden wird.

4. Anordnung nach Anspruch (2) dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikschicht als Dickschichtpaste auf den metallischen Träger aufgebracht und durch ein Einbrennverfahren fest mit dem metallischen Untergrund verbunden wird.

5. Anordnung nach Anspruch (2) dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikschicht in Dünnschichttechnik auf dem metallischen Träger aufgebracht wird.

6. Anordnung nach Anspruch (2) dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikschicht in Plasmatechnik auf dem metallischen Träger aufgebracht wird.

7. Anordnung nach Anspruch (2) dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikschicht in einem chemischen Verfahren aufgebracht wird.

8. Anordnung nach Anspruch (1) dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch nicht leitende Schicht eine Kunststoffschicht ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

### Patentansprüche

1. Nach einem kalorimetrischen Prinzip arbeitender Strömungssensor mit einer dem zu messenden Medium zugewandten metallischen Wand **dadurch gekennzeichnet**, daß die dem zu messenden Medium abgewandte Seite der Wand mit einer dünnen, elektrisch nicht leitenden Schicht versehen ist, die in oder auf dem metallischen Untergrund fest verankert ist und die Sensorelemente in Schichttechnik auf der als Träger für die Schichtschaltung dienenden Schicht ausgeführt sind.

2. Anordnung nach Anspruch (1) dadurch gekenn-

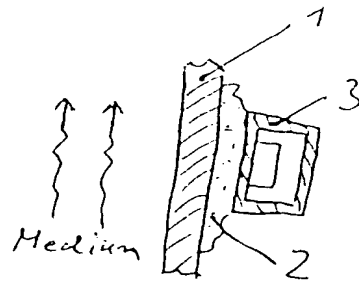


Abb. 1

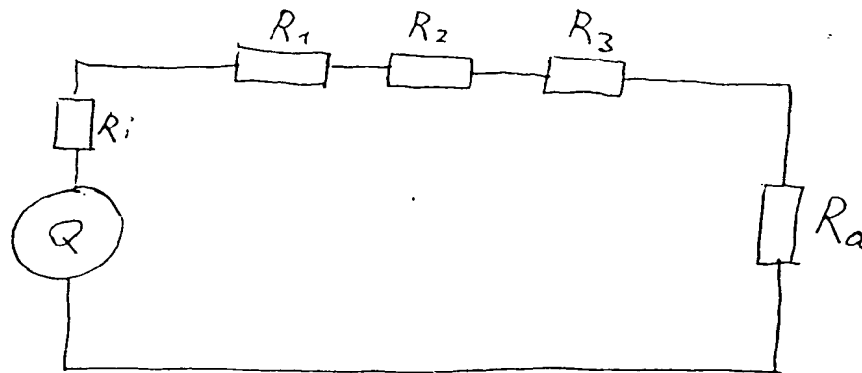


Abb. 2

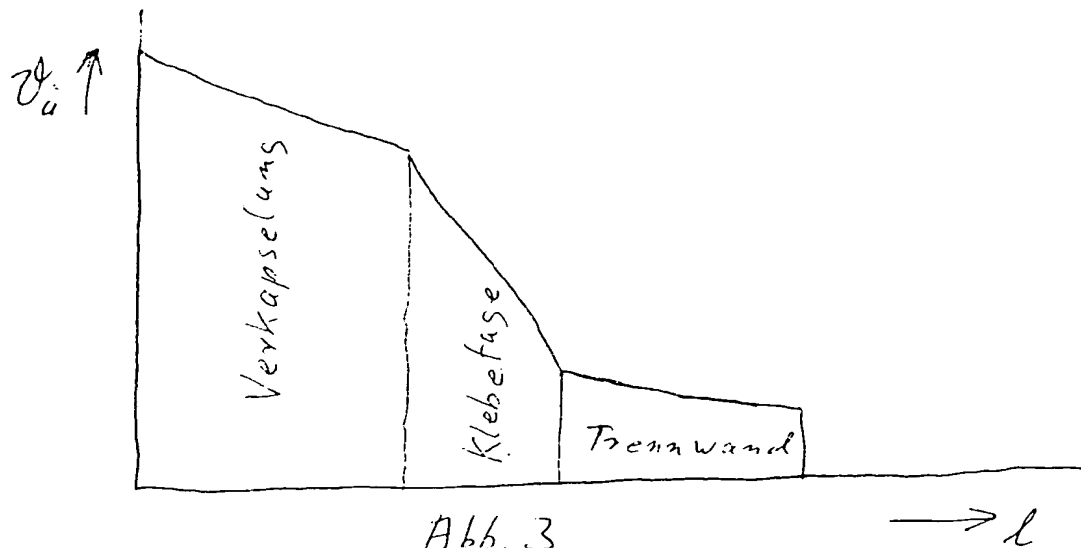


Abb. 3